

(19) 日本国特許庁 (JP)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平 9 - 2 4 3 9 0 9

(43) 公開日 平成9年(1997)9月19日

(51) Int. Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 2 B	13/18		G 0 2 B	13/18
	27/64			27/64
G 0 3 B	5/00		G 0 3 B	5/00
	17/00			17/00
				J
				Z

審査請求 未請求 請求項の数 2

F D

(全 1 4 頁)

(21) 出願番号 特願平8-75131

(22) 出願日 平成8年(1996)3月5日

(71) 出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72) 発明者 中野 雄一

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

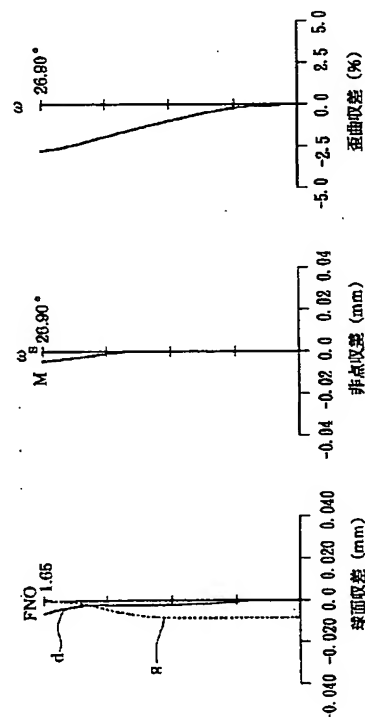
(74) 代理人 弁理士 岡▲崎▼ 信太郎 (外1名)

(54) 【発明の名称】 手振れ補正光学系

(57) 【要約】

【課題】 手振れ補正の性能劣化が小さく、結像光学系の位置調整が容易な手振れ補正光学系を提供すること。

【解決手段】 結像光学系 A 2 の前方に配置され、物体側から順に固定の両凹単レンズ A 1 a、可動の両凸単レンズ A 1 b から成り、前記固定レンズ A 1 a 及び可動レンズ A 1 b の各面のうち少なくとも 1 面を所定範囲内の曲率半径と非球面量の非球面形状とし、前記可動レンズ A 1 b を全光学系の光軸方向 L-L に対して直交する方向に移動させて手振れを補正するアフォーカルな光学系 A 1 を備える。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 結像光学系の前方に配置され、物体側から順に固定の両凹単レンズ、可動の両凸単レンズから成り、前記固定レンズ及び可動レンズの各面のうち少なくとも1面を所定範囲内の曲率半径と非球面量の非球面形状とし、前記可動レンズを全光学系の光軸方向に対して直交する方向に移動させて手振れを補正するアフォーカルな光学系を備えたことを特徴とする手振れ補正光学系。

【請求項2】 前記固定レンズ及び可動レンズが、以下の条件を満たすようにした請求項1に記載の手振れ補正光学系。

【数10】

$$0.1 < |r_2 / r_1| < 0.75$$

【数11】

$$0.1 < |r_3 / r_4| < 0.75$$

【数12】

$$1.0 \times 10^{-2} < |\Delta x_1 / r_{asp1}| < 5.0 \times 10^{-2}$$

【数13】

$$0.5 \times 10^{-2} < |\Delta x_2 / r_{asp2}| < 5.0 \times 10^{-2}$$

$r_1$  : 固定レンズの物体側の面の曲率半径

$r_2$  : 固定レンズの像側の面の曲率半径

$r_3$  : 可動レンズの物体側の面の曲率半径

$r_4$  : 可動レンズの像側の面の曲率半径

$\Delta x_1$  : 固定レンズの非球面量

$r_{asp1}$  : 固定レンズの非球面の近軸曲率半径

$\Delta x_2$  : 可動レンズの非球面量

$r_{asp2}$  : 可動レンズの非球面の近軸曲率半径

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 この発明は、結像光学系の前方に配置したアフォーカルな光学系を構成する可動レンズを、全光学系の光軸に対して直交する方向に移動させることにより手振れを補正する手振れ補正光学系に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 例えば携帯型のビデオカメラ等は、軽量であるために撮影時に手振れが生じ易いので、特にズームアップで撮影した画像を再生したときに大きな像ブレが発生する。そこで、撮影時の手振れを補正する装置が各種提案されている。例えば手振れによるビデオカメラ等の本体の動きをセンサによって検出し、光学系の一部を移動させて手振れを補正し、像ブレを無くすようにした装置が知られている。この手振れ補正装置は、変倍中固定の第1群、変倍群、固定群（合焦用レンズを含む）が物体側からこの順で配置された結像光学系を備えている。このような結像光学系の前に配置し、その一部のレンズを結像光学系の光軸に対して直交する方向に移動させることにより、結像光学系の傾きに応じた手振れを補正することができる。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】 上述した従来の手振れを補正する光学系にあつては、結像に関与する一部のレンズを可動群として移動させて手振れを補正しているので、手振れ補正の性能劣化が大きいという問題があった。また、手振れ補正を行わない状態において可動群を正規の位置に位置決めするに際して、結像光学系の位置調整を余儀なくされ、調整作業が困難になるという問題もあった。

【0004】 この発明は、以上の点に鑑み、手振れ補正の性能劣化が小さく、結像光学系の位置調整が容易な手振れ補正光学系を提供することを目的としている。

【0005】

【課題を解決するための手段】 上記目的は、この発明によれば、結像光学系の前方に配置され、物体側から順に固定の両凹単レンズ、可動の両凸単レンズから成り、前記固定レンズ及び可動レンズの各面のうち少なくとも1面を所定範囲内の曲率半径と非球面量の非球面形状とし、前記可動レンズを全光学系の光軸方向に対して直交する方向に移動させて手振れを補正するアフォーカルな光学系を備えることにより達成される。

【0006】 上記構成によれば、手振れ補正時に結像に関与する光学系を移動させないので、手振れ補正時の性能劣化を小さくすることができる。また、手振れ補正に関与するアフォーカルな手振れ補正光学系と結像に関与する結像光学系とを別個のモジュールとして取り扱うことができるので、結像光学系の位置調整を容易にすることができる。

【0007】

【発明の実施の形態】 以下、この発明の好適な実施形態を添付図を参照しながら詳細に説明する。尚、以下に述べる実施の形態は、この発明の好適な具体例であるから、技術的に好ましい種々の限定が付されているが、この発明の範囲は、以下の説明において特にこの発明を限定する旨の記載がない限り、これらの形態に限られるものではない。

【0008】 図1は、この発明の手振れ補正光学系の実施形態を含む全光学系の基本構成を示す図である。物体側から順に手振れ補正光学系A1と任意の結像光学系A2が配置されている。この手振れ補正光学系A1は、物体側から順に両凹の非球面単レンズである固定のレンズA1aと両凸の非球面単レンズである可動のレンズA1bとによって構成されている。

【0009】 このような構成において、固定レンズA1aの後方に配置される可動レンズA1bが、レンズ駆動部LDによって全光学系の光軸L-Lに対して直交する方向に移動されて位置が制御される。尚、図示は省略するが、全光学系の傾きを検出して可動レンズA1bの移動を制御する制御系としては、例えば全光学系の縦揺れや横揺れをセンサで検出して、その出力信号をマイクロ

コンピュータ等の制御部によって処理した後、レンズ駆動部LDに制御信号を送出することによって手振れ補正するものがある。

【0010】図2は、近軸領域における手振れ補正光学系A1に関する原理図である。同図に示す固定レンズIfが上記固定レンズA1aに相当し、可動レンズImが上記可動レンズA1bに相当する。同図中、点Fmは、可動レンズImの物体側の焦点を示し、点Ffは、固定レンズIfの物体側の焦点を示す。また、光線Ry1は、可動レンズImの焦点Fmを通った後に固定レンズIfの主点を通り、最終的に全光学系の光軸L-Lに平行に進行する光線を示し、光線Ry2は、手振れ補正光学系A1への入射角が光線Ry1と等しくされ、手振れ補正光学系A1を通った後、光軸L-Lに一致するように進行する光線を示す。尚、R-Rは、可動レンズImの光軸を示す。従って、光軸L-Lに対して直交する方向への可動レンズImの移動量をsla、画面中心へ向かう光束の手振れ補正光学系A1への入射角を $\Delta\theta$ 、固定レンズIfの焦点距離をflaとすると、数1に示す関係が成立する。

【数1】

$$sla = fla \cdot \tan(\Delta\theta)$$

【0011】数1から分かるように、全光学系の傾きを補正するのに必要な可動レンズImの移動量slaは、固定レンズIfの焦点距離flaのみによって規定されることになる。ところで、手振れ補正光学系A1の倍率Mは、可動レンズImの焦点距離をflbとすると、数2で表される。

【数2】

$$M = -fla / flb$$

従って、先ず、手振れによる全光学系の傾き、即ち画面中心へ向かう光束の手振れ補正光学系A1への入射角 $\Delta\theta$ と、可動レンズImの移動量slaとの関係(数1参照)から固定レンズIfの焦点距離flaを設定し、次に、手振れ補正光学系A1の倍率M(数2参照)から可動レンズImの焦点距離flbを設定することができるので、可動レンズImの移動量slaの設定についての自由度が大きい。さらに、手振れ補正光学系A1のみを取り出して、オートコリメーション法を用いて固定レンズIfと可動レンズImとの間の位置関係を精度良く設定することができるため、調整機構の簡単化や調整時間の短縮化を図ることができる。

【0012】以上のように、任意の結像光学系A2の前方にアフォーカルであって手振れ補正の機能を持つ手振れ補正光学系A1を配置することにより、手振れ補正光学系A1と結像光学系A2とをそれぞれ独立に設計することができるので、設計が容易となる。また、最も物体側に位置する手振れ補正光学系A1において手振れを補正するため、全光学系の傾き $\Delta\theta$ と可動レンズImの移動量slaとの関係が変倍の如何に係わらず一定の関係

となり、可動レンズImの位置を制御するための制御系の構成が簡単になる。

【0013】ここで、画面サイズに対する手振れの補正が効果的となるための条件を求めると以下ようになる。全光学系の傾き $\Delta\theta$ と像のブレ量 $\Delta Y$ との関係は、全光学系の焦点距離をfとすると数3で表される。

【数3】

$$\Delta Y = f \cdot \tan(\Delta\theta)$$

変倍光学系では焦点距離fが変化するため、全光学系の傾き $\Delta\theta$ が一定でも像のブレ量 $\Delta Y$ が変化し、望遠端において像ブレが最も目立つ。

【0014】数1及び数3から、補正可能な像のブレ量 $\Delta Y_{max}$ は、可動レンズImの最大移動量をslamaxとし、全光学系の望遠端における焦点距離をftとしたとき数4で表される。

【数4】

$$\Delta Y_{max} = slamax \cdot ft / fla$$

画面サイズの対角頂の1/2の長さをhiとし、このhiで数4の両辺をそれぞれ割ると数5が得られる。

【数5】

$\Delta Y_{max} / hi = slamax \cdot ft / fla / hi$   
この数5は、画面サイズの対角頂の1/2の長さhiに対して、どの程度の像のブレ量 $\Delta Y$ の補正が可能であるかを示す比であり、手振れ補正の効果を得るためには、数6に示す条件を満たすことが望ましい。

【数6】

$$0.2 < |ft \cdot slamax / fla / hi| < 2.0$$

数6において、比の値が下限値0.2を下回ると手振れ補正の効果が小さくなって性能低下の問題が残る、また、比の値が上限値2.0を越えると手振れ補正光学系A1が広い画角をカバーする必要があるため、レンズの大型化やレンズ性能の低下を招く等の問題が生じる。

【0015】次に、手振れ補正光学系A1の倍率Mについての適正条件を説明する。結像光学系A2の前方に手振れ補正光学系A1が付加された構成となっているため、全光学系の焦点距離fは、手振れ補正光学系A1の倍率Mと結像光学系A2の焦点距離fmとを用いて数7で表される。

【数7】

$$f = M \cdot fm$$

数7によれば、全光学系の焦点距離fを一定と考えた場合に、手振れ補正光学系A1の倍率Mが大きいときは、結像光学系A2の焦点距離fmを小さくし、手振れ補正光学系A1の倍率Mが小さいときは、結像光学系A2の焦点距離fmを大きくする必要がある。そこで、この手振れ補正光学系A1の倍率Mを数8に示すように1に近い値に設定する。

【数8】

$$0.8 < |fla / flb| < 1.25$$

数8において、比の値が下限値0.8を下回ると手振れ補正光学系A1の倍率Mが小さくなり過ぎるので、結像光学系A2の焦点距離 $f_m$ を大きくする必要が生じ、結像光学系A2の大型化を招くことになる。また、比の値が上限値1.25を越えると手振れ補正光学系A1の倍率Mが大きくなり過ぎるので、結像光学系A2の焦点距離 $f_m$ を小さくする必要が生じ、結像光学系A2の画角が広がって収差の補正が困難となる。

【0016】手振れ補正光学系A1は最も物体側に配置されるため、手振れ補正光学系A1を構成する物体側のレンズを固定レンズI $f$ とし、像側のレンズを可動レンズI $m$ とすることが望ましい。像側に可動レンズI $m$ を配置した方が、可動レンズI $m$ の移動範囲を鏡筒内に収め易いので、精密な制御を要する可動レンズI $m$ に無理な外力が加わらないという利点がある。また、可動レンズI $m$ は、その移動制御を容易にするためにできるだけ軽い材料（プラスチック等）を用いて形成することが好ましいが、レンズが傷付き易くなることを考慮すると、外部から直接触れることのない像側に可動レンズI $m$ を配置する方が良い。

【0017】アフォーカル条件は、固定レンズI $f$ と可動レンズI $m$ との間の主点間隔をD1 $a$ とすると数9で表される。

【数9】

$$f1a + f1b - D1a = 0$$

この数9の条件と数8の条件とを両立させるためには、主点間隔D1 $a$ をなるべく小さくする、即ち正レンズの凸面と負レンズの凹面とを向き合わせることが必要になる。

【0018】上述したように、この手振れ補正光学系A1は、最も物体側に配置されているので、レンズ径が大

きくなる傾向を有している。よって、可動レンズI $m$ を全光学系の光軸に対して直交する方向に沿って移動制御するのは、レンズの厚みを極力小さくすると共に、構成枚数をできるだけ少なくする方が良い。また、レンズ径の小径化や光学ユニットの小型化を考慮すると、手振れ補正光学系A1を構成する各レンズの焦点距離をできる限り短くする必要がある。

【0019】このような制約の下で、手振れ補正する際の性能の劣化を極力小さくするためには、固定レンズI $f$ 及び可動レンズI $m$ のそれぞれの収差をできるだけ小さく抑えることが重要となる。そのためには、固定レンズI $f$ を両凹レンズとし、可動レンズI $m$ を両凸レンズとして、各面でパワーを分担することが好ましい。

【0020】ところで、上述したアフォーカルな手振れ補正光学系を結像光学系の前方に配置すると、一般的に負の歪曲収差が増加する。この負の歪曲収差を補正するには、手振れ補正光学系A1を構成する固定レンズI $f$ と可動レンズI $m$ の各面の曲率半径と非球面量を規定する必要がある、以下にその実施形態を示す。図3は、この発明の手振れ補正光学系の全体構成の実施形態を示す側面図である。この手振れ補正光学系A1は、任意の結像光学系A2の前方に配置されて手振れ補正を行うことが可能であるが、この実施形態では4群ズームレンズZ1の前方に配置されている。

【0021】ここで、各レンズの各面の面番号 $i$ 、各面の曲率半径 $r_i$ 及びレンズ間隔 $d_i$ を定義するにあたって、物体側から像側に進むにつれて $i$ が1ずつ増加するものとし、4群ズームレンズZ1の各面の面番号 $i=5 \sim 25$ における各面の曲率半径 $r_i$ 、レンズ間隔 $d_i$ 、 $d$ 線での屈折率 $N$ 及びアッペ数 $v$ を表1に示す。

【表1】

i	r i	d i	N	$\nu$
1	別 表 参 照			
2				
3				
4				
5	10.4735	0.2454	1.84666	23.78
6	6.0939	0.8654	1.62041	60.34
7	-141.1298	0.0446		
8	5.2981	0.5524	1.62041	60.34
9	11.2874	variable		
10	8.4710	0.1561	1.83400	37.35
11	1.3982	0.9536		
12	-4.6665	0.1976	1.60342	38.01
13	1.8223	0.4623	1.92286	20.88
14	8.3807	variable		
15	STOP	0.1561		
16	4.0685	0.4709	1.58913	61.25
17	-15.7475	variable		
18	2.7786	0.1561	1.84666	23.78
19	1.4967	1.0350	1.58913	61.25
20	-5.3164	variable		
21	INFINITY	0.3569	1.51680	64.20
22	INFINITY	0.4573	1.55232	63.42
23	INFINITY	0.1785		
24	INFINITY	0.1673	1.55671	58.56
25	INFINITY			

尚、この実施形態においては、全光学系の焦点距離  $f = 1 \sim 14$ 、全光学系のFナンバー  $FNO = 1 : 1.65 \sim 2.64$ 、半面角  $\omega \cdot 2 = 55.7 \sim 4.1$  とされている。

【0022】表1中、INFINITYは曲率半径が無限大、即ち平坦面であることを示し、STOPは絞りを意味している。また、屈折率Nにおける空欄では空気についての屈折率を省略している。そして、variableはレンズが光軸方向に移動する可動レンズであることを意味している。この実施形態においては、レンズ間隔  $d9$ 、 $d14$ 、 $d17$ 、 $d20$  が可変長であり、全光学系の焦点距離  $f$  との関係を表2に示す。

【表2】

$d/f$	1.0000	2.6110	13.9543
$d9$	0.3729	3.1512	5.9233
$d14$	5.8675	3.0955	0.3234
$d17$	2.1235	1.5684	2.5161
$d20$	1.4566	2.0130	1.0650

また、面番号  $i = 17$ 、 $20$  のレンズの各面は非球面形状とされており、各非球面係数Aを表3に示す。尚、非球面係数Aの次数は4、6、8とされている。

【表3】

i	$A_1$	$A_2$	$A_3$
17	$4.68492 \times 10^{-3}$	$8.58483 \times 10^{-4}$	$-2.79114 \times 10^{-4}$
20	$4.17919 \times 10^{-3}$	$-4.44989 \times 10^{-3}$	$1.55411 \times 10^{-3}$

【0023】 先ず、この手振れ補正光学系A1の第1の実施形態について説明する。手振れ補正光学系A1を構成する固定レンズA1a及び可動レンズA1bの各面の面番号*i* = 1～4における各面の曲率半径*r<sub>i</sub>*、レンズ間隔*d<sub>i</sub>*、*d*線での屈折率*N*及びアッペ数*ν*を表4に示す。面番号*i* = 2、4のレンズの各面は非球面形状とされており、各非球面係数*A*を表5に示す。尚、非球面係数*A*の次数は4、6、8、10とされている。

【表4】

i	$r_i$	$d_i$	$N$	$\nu$
1	-57.023	0.44	1.492	58
2	9.525	0.32		
3	10.348	1.37	1.492	58
4	-43.043			

20

\*

i	$A_1$	$A_2$	$A_3$	$A_{10}$
2	$-0.228 \times 10^{-3}$	$0.361 \times 10^{-5}$	$-0.591 \times 10^{-6}$	$0.227 \times 10^{-7}$
4	$0.193 \times 10^{-3}$	$-0.495 \times 10^{-5}$	$0.663 \times 10^{-6}$	$-0.224 \times 10^{-7}$

【0024】 図4～図6は、上記第1の実施形態に関する球面収差、非点収差、歪曲収差の収差図であり、それぞれ広角端、中間状態、望遠端を示す。尚、これらの図において、符号d、gの曲線は、*d*線（波長587.6nm）、*g*線（波長435.8nm）に係る収差曲線を示し、符号M、Sの曲線は、メリディオナル像面、サジタル像面に係る収差曲線を示す。

【0025】 次に、この手振れ補正光学系A1の第2の実施形態について説明する。手振れ補正光学系A1を構成する固定レンズA1a及び可動レンズA1bの各面の面番号*i* = 1～4における各面の曲率半径*r<sub>i</sub>*、レンズ間隔*d<sub>i</sub>*、*d*線での屈折率*N*及びアッペ数*ν*を表6に示

す。面番号*i* = 2、4のレンズの各面は非球面形状とされており、各非球面係数*A*を表7に示す。尚、非球面係数*A*の次数は4、6、8、10とされている。

【表6】

i	$r_i$	$d_i$	N	$\nu$
1	-28.796	0.44	1.492	58
2	11.413	0.33		
3	12.150	1.38	1.492	58
4	-27.126			

\*【表7】

10

\*

i	$A_4$	$A_6$	$A_8$	$A_{10}$
2	$-0.166 \times 10^{-3}$	$0.255 \times 10^{-6}$	$-0.369 \times 10^{-6}$	$0.141 \times 10^{-7}$
4	$0.144 \times 10^{-3}$	$-0.303 \times 10^{-6}$	$0.408 \times 10^{-6}$	$-0.136 \times 10^{-7}$

【0026】図7～図9は、上記第2の実施形態に関する球面収差、非点収差、歪曲収差の収差図であり、それぞれ広角端、中間状態、望遠端を示す。尚、これらの図において、符号d、gの曲線は、d線（波長587.6nm）、g線（波長435.8nm）に係る収差曲線を示し、符号M、Sの曲線は、メリディオナル像面、サジタル像面に係る収差曲線を示す。

【0027】次に、この手振れ補正光学系A1の第3の実施形態について説明する。手振れ補正光学系A1を構成する固定レンズA1a及び可動レンズA1bの各面の面番号*i*=1～4における各面の曲率半径 $r_i$ 、レンズ間隔 $d_i$ 、d線での屈折率N及びアッペ数 $\nu$ を表8に示す。面番号*i*=2、3のレンズの各面は非球面形状とされており、各非球面係数Aを表9に示す。尚、非球面係数Aの次数は4、6、8、10とされている。

【表8】

i	$r_i$	$d_i$	N	$\nu$
1	-67.636	0.44	1.492	58
2	9.279	0.32		
3	10.216	1.37	1.492	58
4	-45.331			

【表9】

i	$A_4$	$A_6$	$A_8$	$A_{10}$
2	$-0.241 \times 10^{-3}$	$0.295 \times 10^{-6}$	$-0.495 \times 10^{-6}$	$0.182 \times 10^{-7}$
4	$-0.203 \times 10^{-3}$	$0.618 \times 10^{-6}$	$-0.714 \times 10^{-6}$	$0.242 \times 10^{-7}$

【0028】図10～図12は、上記第3の実施形態に関する球面収差、非点収差、歪曲収差の収差図であり、それぞれ広角端、中間状態、望遠端を示す。尚、これらの図において、符号d、gの曲線は、d線（波長587.6nm）、g線（波長435.8nm）に係る収差曲線を示し、符号M、Sの曲線は、メリディオナル像面、サジタル像面に係る収差曲線を示す。

【0029】最後に、この手振れ補正光学系A1の第4の実施形態について説明する。手振れ補正光学系A1を構成する固定レンズA1a及び可動レンズA1bの各面の面番号*i*=1～4における各面の曲率半径 $r_i$ 、レンズ間隔 $d_i$ 、d線での屈折率N及びアッペ数 $\nu$ を表10に示す。面番号*i*=2、3のレンズの各面は非球面形状とされており、各非球面係数Aを表11に示す。尚、非

球面係数Aの次数は4、6、8、10とされている。

\*【表11】

【表10】

i	ri	di	N	$\nu$
1	-30.770	0.44	1.492	58
2	11.128	0.33		
3	11.927	1.38	1.492	58
4	-28.235			

10

\*

i	$A_4$	$A_6$	$A_8$	$A_{10}$
2	$-0.173 \times 10^{-3}$	$0.189 \times 10^{-5}$	$-0.272 \times 10^{-6}$	$0.983 \times 10^{-8}$
4	$-0.157 \times 10^{-3}$	$0.407 \times 10^{-5}$	$-0.447 \times 10^{-6}$	$0.152 \times 10^{-7}$

【0030】図13～図15は、上記第4の実施形態に関する球面収差、非点収差、歪曲収差の収差図であり、それぞれ広角端、中間状態、望遠端を示す。尚、これらの図において、符号d、gの曲線は、d線（波長587.6nm）、g線（波長435.8nm）に係る収差曲線を示し、符号M、Sの曲線は、メリディオナル像面、サジタル像面に係る収差曲線を示す。

【0031】以上説明した各実施形態をまとめた結果を 30  
表12に示す。表12は、固定の両凹レンズA1aの第2面の曲率半径r2と第1面の曲率半径r1との比の絶

※対値 $|r2/r1|$ 、可動の両凸レンズA1bの第1面の曲率半径r3と第2面の曲率半径r4との比の絶対値 $|r3/r4|$ 、固定の両凹レンズA1aの非球面量（球面からのズレ量） $\Delta x1$ と固定の両凹レンズA1aの非球面の近軸曲率半径rasp1との比の絶対値 $|\Delta x1/rasp1|$ 、可動の両凸レンズA1bの非球面量（球面からのズレ量） $\Delta x2$ と可動の両凸レンズA1bの非球面の近軸曲率半径rasp2との比の絶対値 $|\Delta x2/rasp2|$ を示す。

【表12】

	$ r2/r1 $	$ r3/r4 $	$ \Delta x1/rasp1 $	$ \Delta x2/rasp2 $
実施形態1	0.17	0.24	$3.2 \times 10^{-3}$	$0.6 \times 10^{-3}$
" 2	0.40	0.45	$1.9 \times 10^{-3}$	$0.7 \times 10^{-3}$
" 3	0.14	0.23	$3.5 \times 10^{-3}$	$2.5 \times 10^{-3}$
" 4	0.36	0.42	$2.1 \times 10^{-3}$	$1.6 \times 10^{-3}$

この表12から、各値の適正範囲は数10～数13となる。

【数10】

【数11】

【数12】

【数13】

【0032】ここで、非球面の形状は、光軸方向をx、それと直交する方向をyとすると、数14で表される。

【数14】



$$x = \frac{y^2}{r + \sqrt{r^2 - y^2}} + A_4 y^4 + A_6 y^6 + A_8 y^8 + A_{10} y^{10}$$

よって、数12及び数13の固定の両凹レンズA1a及び可動の両凸レンズA1bの非球面量（球面からのズレ量） $\Delta x_i$ は、数15で表される。

【数15】

$$\Delta x_i = A_4 y^4 + A_6 y^6 + A_8 y^8 + A_{10} y^{10}$$

【0033】上記数10及び数11は、各レンズの曲率半径 $r_i$ の関係を規定するものであり、数12及び数13は、各レンズの非球面量 $\Delta x_i$ の関係を規定するものである。これらの条件を満たすことにより、諸収差を良好に保ちつつ、歪曲収差を補正することができる。尚、これらの範囲から逸脱しても歪曲収差を補正することは可能であるが、球面収差と非点収差の発生量が多くなるので好ましくない。

【0034】

【発明の効果】以上述べたように、この発明によれば、手振れ補正の性能劣化を抑えることができると共に、結像光学系の位置調整を容易に行うことができ、さらに諸収差を良好に保ちつつ、歪曲収差を補正することができ

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の手振れ補正光学系の実施形態を含む全光学系の基本構成を示す図。

【図2】近軸領域における図1に示す手振れ補正光学系の実施形態に関する原理図。

【図3】この発明の手振れ補正光学系の全体構成の実施形態を示す側面図。

【図4】この発明の手振れ補正光学系の第1の実施形態に関する広角端における球面収差、非点収差、歪曲収差の収差図。

【図5】この発明の手振れ補正光学系の第1の実施形態に関する中間状態における球面収差、非点収差、歪曲収差の収差図。

【図6】この発明の手振れ補正光学系の第1の実施形態に関する望遠端における球面収差、非点収差、歪曲収差

の収差図。

【図7】この発明の手振れ補正光学系の第2の実施形態に関する広角端における球面収差、非点収差、歪曲収差の収差図。

【図8】この発明の手振れ補正光学系の第2の実施形態に関する中間状態における球面収差、非点収差、歪曲収差の収差図。

【図9】この発明の手振れ補正光学系の第2の実施形態に関する望遠端における球面収差、非点収差、歪曲収差の収差図。

【図10】この発明の手振れ補正光学系の第3の実施形態に関する広角端における球面収差、非点収差、歪曲収差の収差図。

【図11】この発明の手振れ補正光学系の第3の実施形態に関する中間状態における球面収差、非点収差、歪曲収差の収差図。

【図12】この発明の手振れ補正光学系の第3の実施形態に関する望遠端における球面収差、非点収差、歪曲収差の収差図。

【図13】この発明の手振れ補正光学系の第4の実施形態に関する広角端における球面収差、非点収差、歪曲収差の収差図。

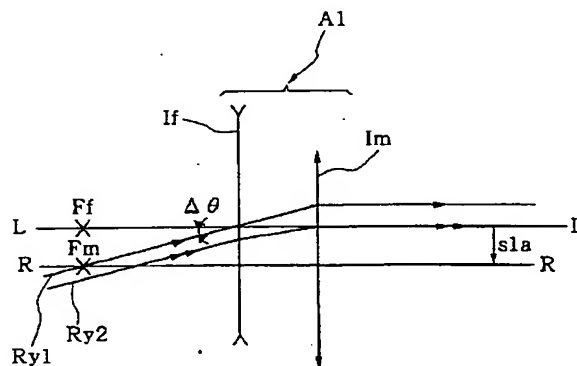
【図14】この発明の手振れ補正光学系の第4の実施形態に関する中間状態における球面収差、非点収差、歪曲収差の収差図。

【図15】この発明の手振れ補正光学系の第4の実施形態に関する望遠端における球面収差、非点収差、歪曲収差の収差図。

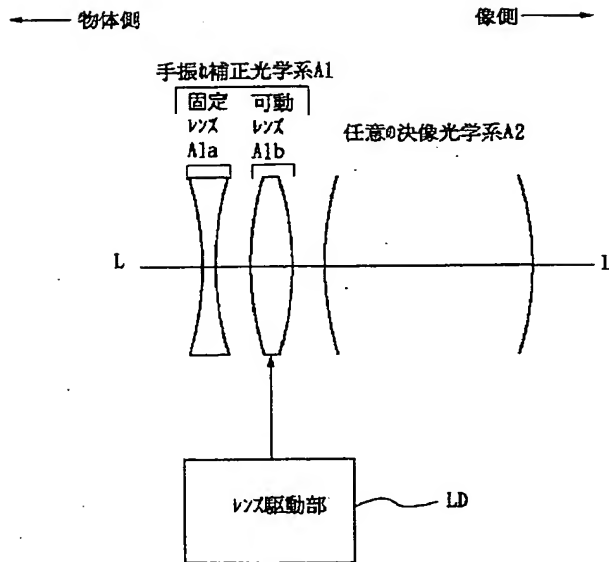
【符号の説明】

A1・・・手振れ補正光学系、A2・・・結像光学系、A1a・・・固定レンズ、A1b・・・可動レンズ、LD・・・レンズ駆動部、If・・・固定レンズ、Im・・・可動レンズ

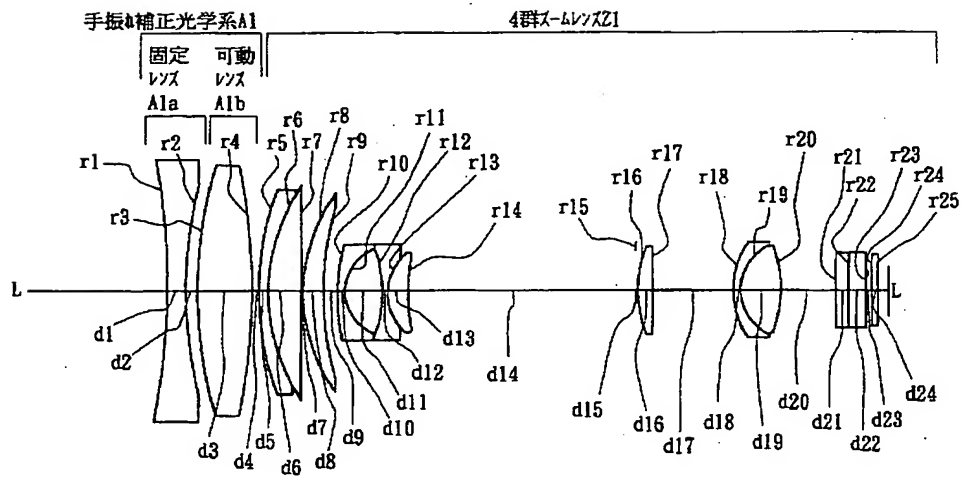
【図2】



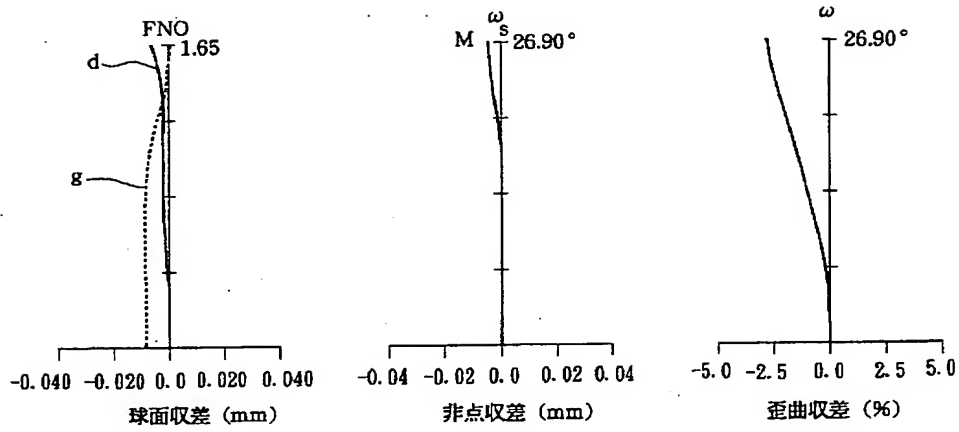
【図1】



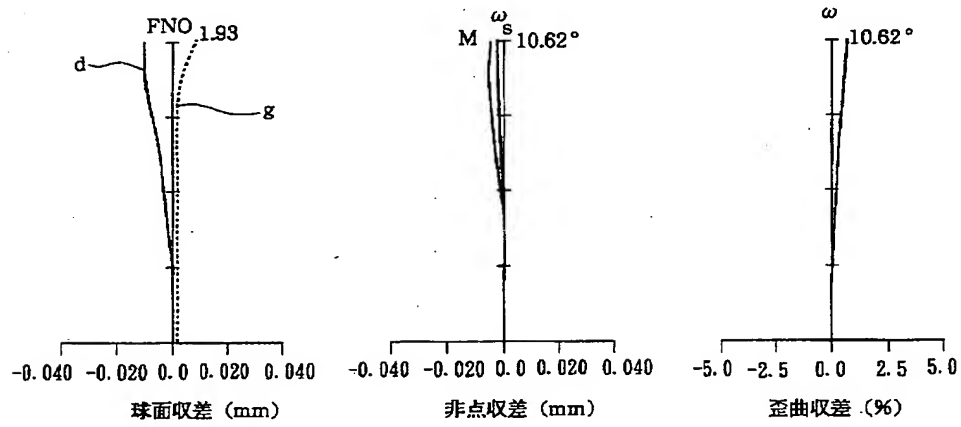
【図3】



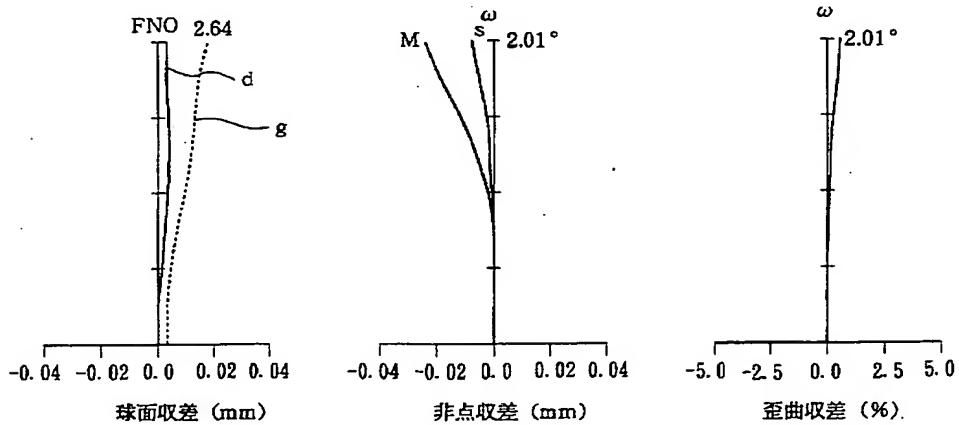
【図4】



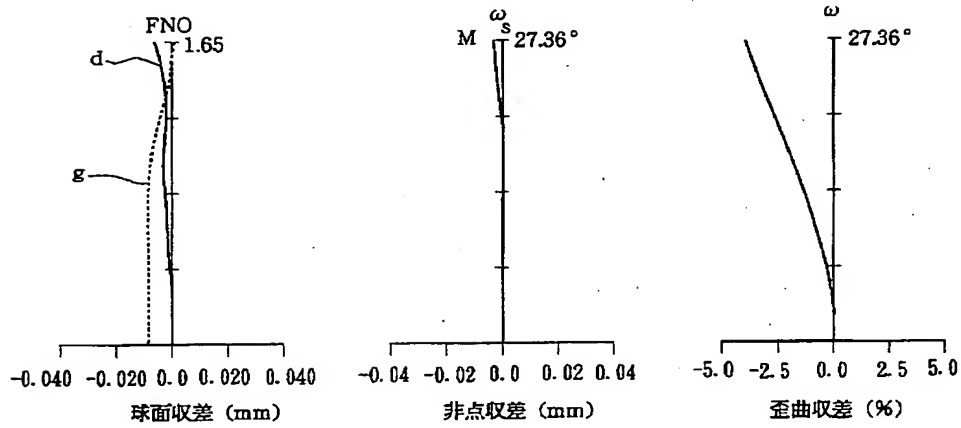
【図5】



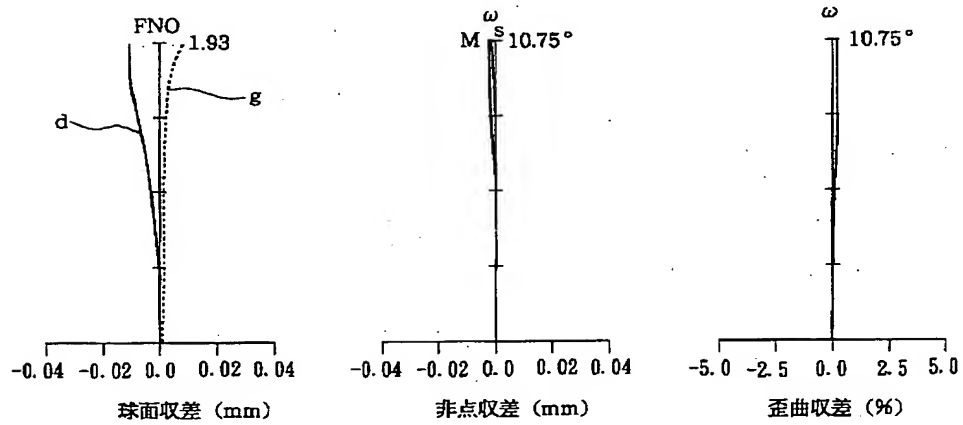
【図6】



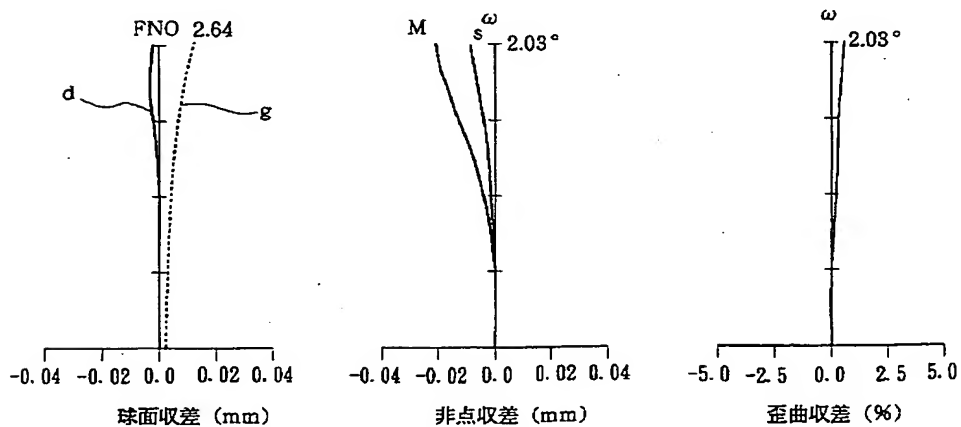
【図7】



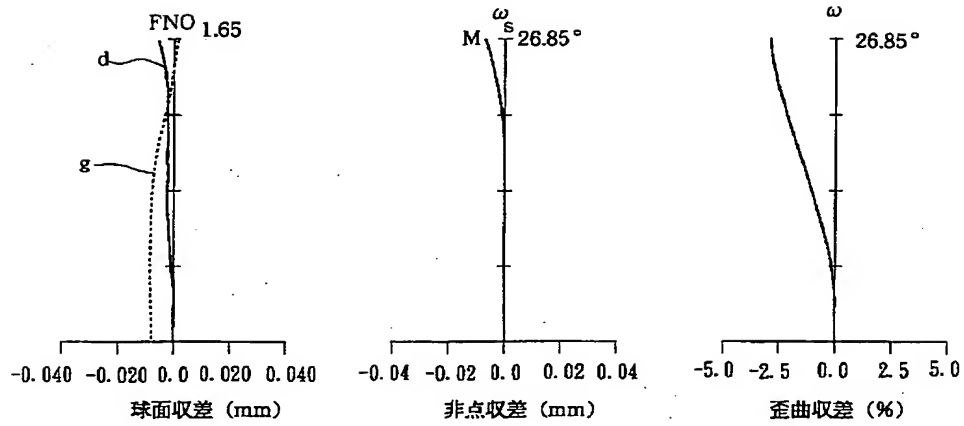
【図8】



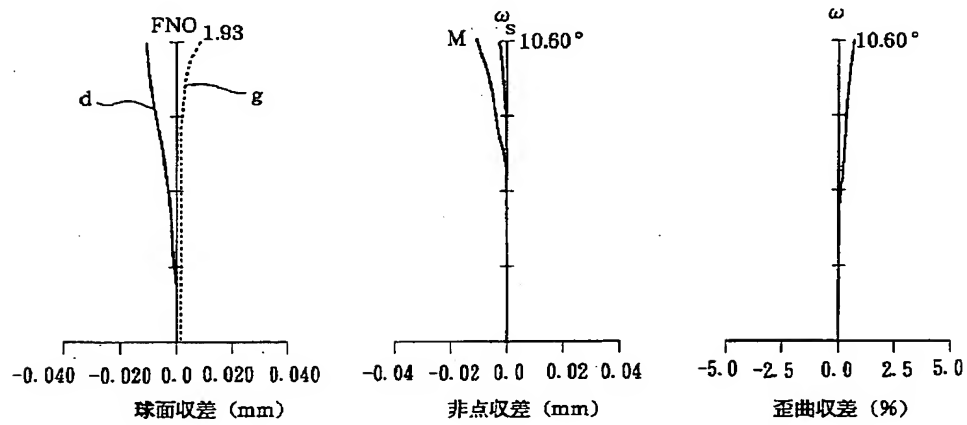
【図9】



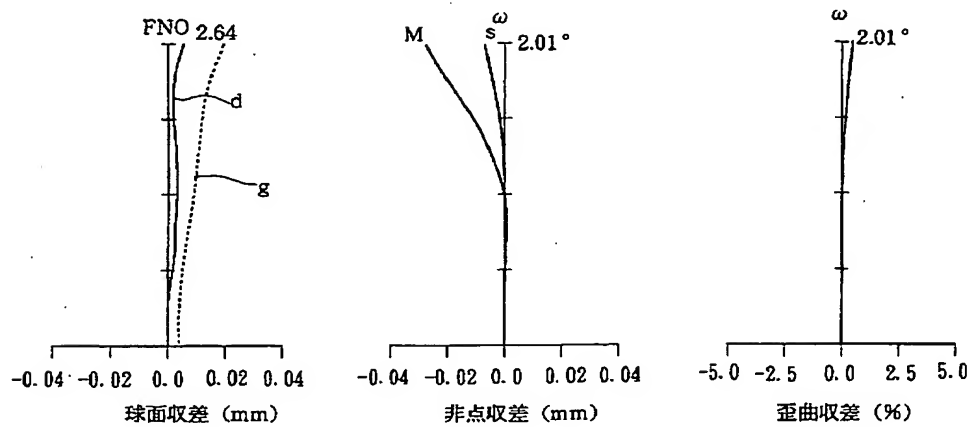
【図10】



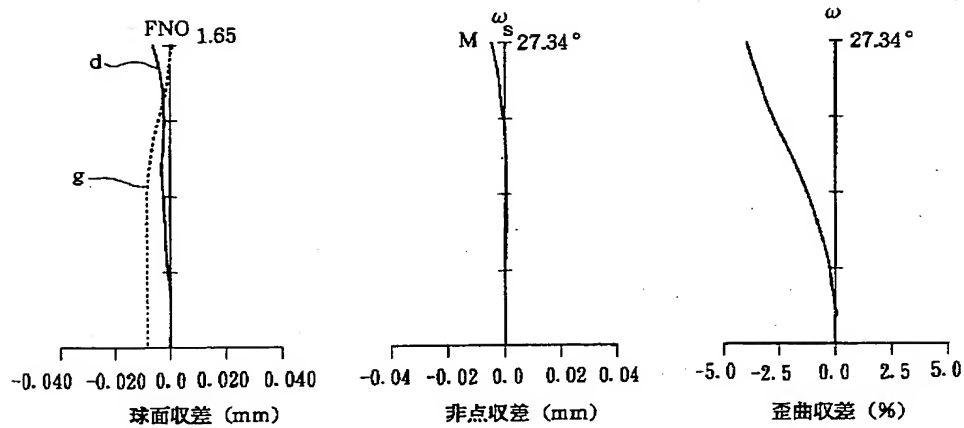
【図11】



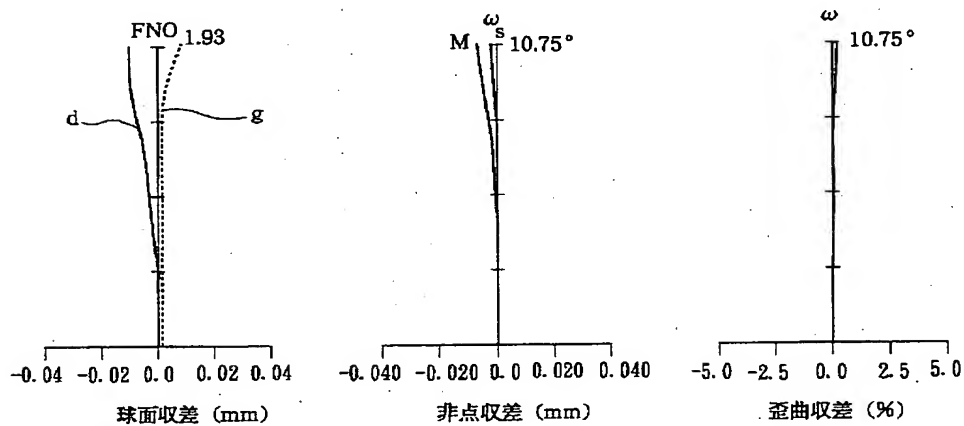
【図12】



【図13】



【図14】



【図15】

